

УДК 778.534.1+612.843.721

ББК 28.707.392.224

Рожкова Г. И., Васильева Н. Н., Белокопытов А. В.

**ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ
ФОРМИРОВАНИЯ ВИРТУАЛЬНЫХ
СТЕРЕООБЪЕКТОВ, ВЫЯВЛЯЕМЫЕ
ПРИ РАЗЛИЧНЫХ УСЛОВИЯХ ИЗМЕРЕНИЯ
ФУЗИОННЫХ РЕЗЕРВОВ**

Рожкова Галина Ивановна, доктор биологических наук, кандидат физико-математических наук, профессор

SPIN-код: 9628-8695, ORCID: 0000-0002-3233-7965

E-mail: gir@iitp.ru

Институт проблем передачи информации им. А. А. Харкевича
Российской Академии наук

Васильева Надежда Николаевна, доктор биологических наук, доцент

SPIN-код: 6229-5381, ORCID: 0000-0002-8919-3069

E-mail: nn_vasilyeva@mail.ru

Институт проблем передачи информации им. А. А. Харкевича
Российской Академии наук,

Чувашский республиканский институт образования
Минобразования Чувашии, г. Чебоксары

Белокопытов Александр Викторович

SPIN-код: 9432-0645, ORCID: 0000-0001-9698-7206

E-mail: abelokopytov@gmail.com

Институт проблем передачи информации им. А. А. Харкевича
Российской Академии наук

Ранее на основании общего вида, размера и характера движения виртуальных стереообъектов, формирующихся при компьютерном измерении конвергентных фузионных резервов (ФР) в условиях предъявления динамических стереограмм из случайных точек (СТС), было выявлено 4 принципиально различающихся типа стереоскопического зрительного восприятия (СЗВ). Из них только один тип, СЗВ-I, точно соответствовал стереографии тестовых изображений, имитирующих выход стереообъекта из экрана и его движение к наблюдателю, а наиболее распространённым оказался другой тип — СЗВ-II, характеризующийся «привязкой» стереообраза к экрану дисплея. Результаты повторных измерений показали, что у каждого испытуемого тип СЗВ стабилен, и было высказано предположение, что по особенностям СЗВ людей можно соответственно разделить на типы I, II, III и IV. Чтобы оценить валидность этой типологии с точки зрения прогнозирования дискомфорта при просмотре стереофильмов, нужно было проверить её робастность, варьируя условия тестирования. В настоящем пилотном исследовании получены предварительные данные для малой выборки испытуемых (20 взрослых), относящихся к двум основным типам (I и II). У этих испытуемых в условиях измерения конвергентных ФР особенности восприятия, в целом, хорошо воспроизводились при изменении расстояния наблюдения и при смене метода сепарации левого и правого изображений с поляризационного на цветовой. В условиях измерения дивергентных ФР (имитация удаления стереообъекта за экран) ситуация была менее однозначной: у некоторых испытуемых типа II обнаруживались признаки СЗВ типа I, коррелирующие с расстоянием наблюдения. Возможно, такие случаи объясняются научением или недостаточно хорошей оптической коррекцией зрения при определении типа СЗВ.

Ключевые слова: стереоскопическое зрение, виртуальные стереообъекты, индивидуальная вариабельность, восприятие стереофильмов, зрительный дискомфорт.

ВВЕДЕНИЕ

В психофизиологии бинокулярного зрения термин «фузия» означает способность человека объединять информацию от двух глаз, создавая единый бинокулярный трёхмерный видимый образ. При его формировании зрительная система использует три основных источника информации:

- 1) нейронные сигналы, поступающие в мозг по двум зрительным нервам от ганглиозных клеток сетчаток двух глаз из областей, на которые попадают двумерные проекции рассматриваемого объекта;
- 2) сигналы, поступающие от глазодвигательного аппарата;
- 3) сигналы, поступающие от механизмов аккомодации.

Один из базовых показателей функционирования бинокулярной зрительной системы человека — это пространственный диапазон фузии, характеризуемый угловыми размерами той области конвергенции и дивергенции зрительных осей при рассмотрении объекта, в пределах которой видимый образ не двоится. На практике соответствующие числовые данные получают, медленно сдвигая левую и правую части стереопары от центра поля зрения в противоположные стороны и тем самым заставляя наблюдателя увеличивать конвергенцию / дивергенцию зрительных осей, чтобы определить предельные углы, позволяющие сохранить единство бинокулярного образа. Эти углы называют конвергентными и дивергентными фузионными резервами (ФР).

Несколько лет назад, измеряя конвергентные ФР у большого количества взрослых испытуемых посредством интерактивной компьютерной программы «Фузия» [2], использующей в качестве тестовых изображений случайно-точечные стереограммы (СТС), мы обратили внимание на то, что динамические виртуальные трёхмерные видимые образы, формирующиеся у разных людей в одних и тех же условиях, могут существенно различаться. На основании принципиальных особенностей этих образов было выделено 4 типа феноменологии [4, 6]. При этом у каждого испытуемого особенности феноменологии оказались достаточно устойчивыми, т. е. воспроизводимость результатов была высокой, что позволило говорить о четырёх типах восприятия стереообъектов у взрослых, которых отбирали для экспериментов, проверяя наличие у них стереоскопического восприятия при помощи статических СТС. Наиболее интересным было то, что только у одного типа испытуемых, составляющих менее половины всей обследованной выборки, параметры формирующихся виртуальных стереообъектов (общий вид, размеры, характер движения) оказались соответствующими стереографии предъявляемых на экране тестовых изображений. Такой результат имеет непосредственное отношение к восприятию стереофильмов, поскольку процедура измерения конвергентных и дивергентных ФР фактически имитирует движение наблюдаемого объекта от плоскости экрана к зрителю (выход из экрана в зал) и от него (удаление за плоскость экрана). Из полученных данных следует, что только у части взрослых людей бинокулярная система исходно (без тренировки) интерпретирует экранные стереоизо-

бражения так, как задумано создателями, что ограничивает число потенциально успешных зрителей стереокинофильмов. Этот факт представляет особый интерес в связи с противоречивостью мнений о роли вергентных движений глаз в формировании видимых образов [8, 9].

Индивидуальные особенности феноменологии восприятия стереоизображений у разных людей, естественно объясняются в рамках концепции множественности механизмов бинокулярного синтеза видимых стереообразов в предположении, что у разных людей доминируют разные механизмы. Но при этом встаёт вопрос о том, насколько разделение людей на типы, выявленные в конкретных условиях тестирования, сохраняется в других условиях восприятия стереоизображений. Ответить на этот вопрос можно только путём проведения соответствующих экспериментальных исследований.

В настоящем сообщении излагаются результаты пилотных экспериментов, предпринятых для оценки валидности разделения людей на типы на основании особенностей стереовосприятия, выявляемых при измерении конвергентных ФР посредством интерактивной компьютерной программы с использованием тестовых стимулов в виде СТС. Задачей данного исследования было сопоставление феноменов, наблюдаемых в режимах измерения конвергентных и дивергентных ФР при двух расстояниях наблюдения и двух методах сепарации левого и правого изображений.

МЕТОДИКА

При проведении экспериментов использовали ту же интерактивную компьютерную программу «Фузия», разработанную в ИППИ РАН [2] и ту же экспериментальную установку, что и в предыдущих сериях аналогичных экспериментов [1, 3, 5, 7, 10]. Программа обеспечивала генерацию на дисплее раздвигающихся стереограмм, имитирующих движение виртуального стереообъекта по направлению к наблюдателю или от него. В качестве тестовых зрительных стимулов использовали случайно-точечные стереограммы (СТС), содержащие закодированные диспаратностью циклопические метки (чисто бинокулярные, не воспринимаемые монокулярно знаки), которые слегка выступали из фоновой плоскости при успешной фузии и служили критерием её наличия.

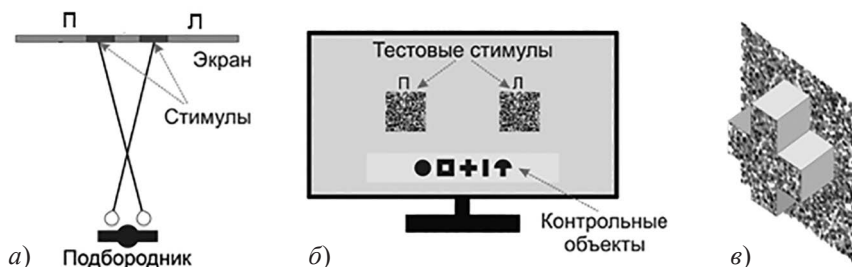


Рис. 1. Вид экспериментальной установки сверху (а) и спереди (б) и пример сфузирванного тестового стимула с циклопической контрольной меткой в виде креста (в)

Экспериментальная установка (рис. 1) включала 3D-монитор фирмы LG для предъявления тестовых изображений (модель D2342P, диагональ 23", ширина экрана 51 см, размер пикселя 0,265 мм, противоположная круговая поляризация чётных и нечётных строк), и подставку-подбородник для фиксации головы испытуемого. Программа «Фузия» позволяла реализовать 2 метода сепарации левого и правого изображений — поляризационный и цветовой, для чего испытуемый должен был использовать соответствующие разделительные очки (с поляризационными или цветными фильтрами).

СТС имели размеры $5 \times 5^\circ$. Размер отдельных «точек» — элементов СТС — составлял 5×5 пикселей.

Этапы проведения тестирования иллюстрирует рис. 2.

В начале измерений в центре экрана появлялась СТС (рис. 2, кадр 1), при фузирвании которой испытуемый видел квадрат со случайно-точечной текстурой и циклопической меткой, отделившейся от фона (пример приведен на рис. 1, в). Затем испытуемого знакомили с полным набором меток, использованных в эксперименте (рис. 2, кадр 2). Когда испытуемый сообщал о своей готовности, экспериментатор запускал программу медленного движения левой и правой частей СТС в противоположных направлениях от центра. Для стимуляции конвергенции правый стимул двигался влево, а левый — вправо (рис. 2, кадры 3 и 4); усилия испытуемого фиксировать каждым глазом центр «своего» стимула вызывали постепенное увеличение угла конвергенции. Для стимуляции дивергенции правый стимул двигался вправо, а левый — влево. Скорость движения стимулов по экрану составляла 0,2 мм/с, мак-

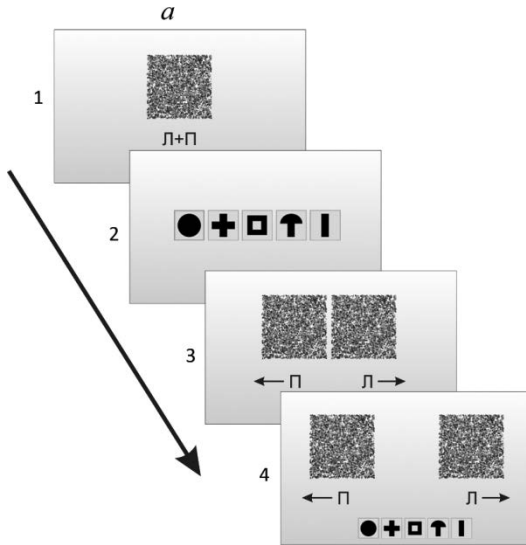


Рис. 2. Этапы экспериментальной процедуры при исследовании конвергентных ФР: правая составляющая СТС движется влево, левая — вправо

симальное общее время одного испытания — 2 мин. В процессе движения квадратов циклопические метки на них сменялись в случайном порядке каждые 4 секунды, а в конце процедуры весь их набор появлялся в нижней части экрана.

Предыдущие данные по исследованию индивидуальных особенностей феноменологии восприятия виртуальных стереообъектов [4, 6] были получены при следующих условиях: поляризационный метод сепарации; расстояние наблюдения 50 см; стимулы — СТС в виде квадратов с циклопическими метками; размер стимулов 5° , (нахождение в пределах фовеальной зоны); имитация выхода стереообъекта из экрана (режим измерения конвергентных ФР); скорость движения частей стереопары по экрану 1 мм/с.

В настоящем пилотном исследовании использовали следующие варианты условий наблюдения:

- 2 задаваемых стереографически направления движения виртуальных стереообъектов по глубине (в режимах измерения конвергентных и дивергентных ФР);
- 2 расстояния наблюдения (50 и 150 см);
- 2 метода сепарации (поляризационный и цветовой).

РЕЗУЛЬТАТЫ

Краткие итоги наших предыдущих исследований типологии стереоскопического зрительного восприятия (СЗВ), которые были использованы для сравнения при анализе новых данных, приведены в таблице 1 и на рис. 3.

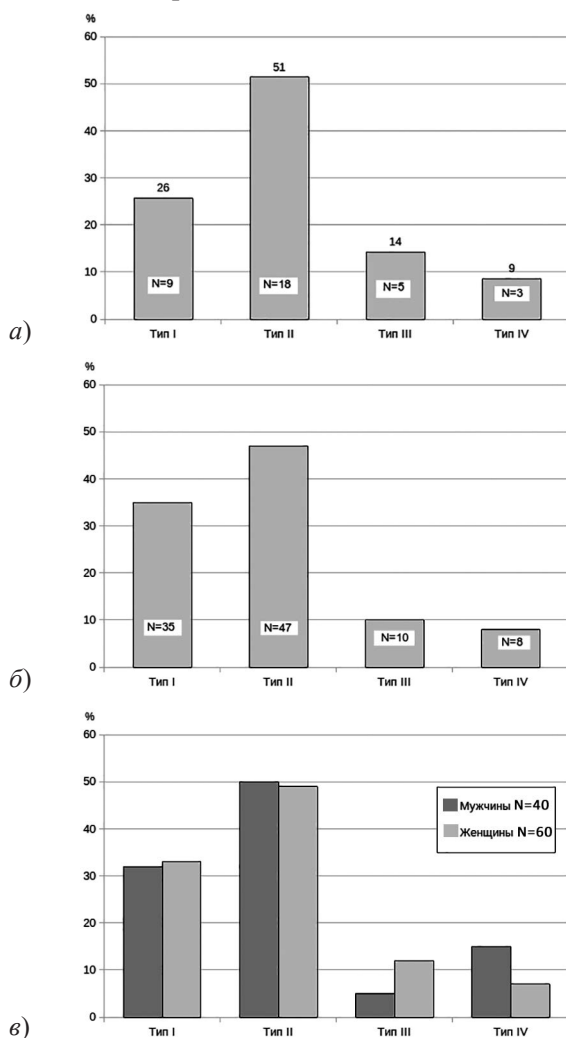


Рис. 3. Результаты первого рекогносцировочного исследования типов СЗВ на малом числе испытуемых (а) и последующего расширенного исследования на большем числе испытуемых (б) с разделением данных для лиц разного пола (в)

Таблица 1

Типы стереобразов, возникавших при оценке конвергентных ФР

Тип	Описание виртуального стереобъекта и его движения	Комментарии	Иллюстрации
I	Положение видимого стереобраза совпадает с точкой пересечения зрительных осей; по мере приближения к наблюдателю величина виртуального стереобъекта уменьшается.	Доминируют бинокулярные механизмы формирования образа. Механизмы фузии работают в соответствии с правилами стереографии.	
II	Стереобраз сохраняет исходные размеры и позицию на экране, не отделяясь от него. Но циклопические метки хорошо видны, что говорит об успешной фузии.	Механизмы стереопсиса на основе диспаратности работают, но информация о движении зрительных осей не принимается во внимание (игнорируется мозгом).	
III	Стереобраз удаляется за экран вопреки правилам стереографии. При этом циклопические метки хорошо видны, что говорит об успешной фузии.	Доминируют влияния со стороны монокулярных подсистем, передающих аккомодационные сигналы об увеличении расстояния до наблюдаемого объекта. Информация о движении осей глаз игнорируется.	
IV	Наблюдается динамическая конкуренция в виде смены интерпретации входных сигналов, проявляющейся в трансформациях виртуальных стереобразов.	Явное доминирование какого-либо из механизмов формирования бинокулярного образа отсутствует; мозг перебирает одну гипотезу за другой, не находя оснований для предпочтения и окончательно решения.	Наблюдается смена видимых образов, которую трудно отразить.

Таблица 1 даёт общее представление об основных четырёх типах виртуальных стереообразов, наблюдавшихся взрослыми испытуемыми в наших предыдущих экспериментах по измерению конвергентных ФР. В центральном столбце приведены предположительные объяснения особенностей СЗВ испытуемых соответствующего типа.

Тип I — самый понятный стереообраз, он хорошо соответствует стереографии предъявляемых стимулов, имитирующих движение стереообъекта к наблюдателю, так что данный тип можно назвать стереографическим.

Тип II отличается тем, что сформированный стереообъект не движется по глубине при расхождении частей стереограммы в стороны (как это требует стереография), а остаётся на месте в центре дисплея и не меняет видимых размеров. Это можно объяснить тем, что информация о движении зрительных осей не принимается во внимание (игнорируется мозгом), так как нет аккомодационных и геометрических признаков отделения объекта от экрана.

Тип III удивляет инверсией задаваемого тестовыми изображениями направления движения моделируемого стереообраза по глубине: вместо выхода виртуального стереообъекта из экрана и приближения к наблюдателю, испытуемый видит удаление стереообъекта за экран. Такая парадоксальная ситуация может возникнуть, если при оценке движения стереообъекта по глубине мозг будет опираться на аккомодационные и геометрические монокулярные признаки, которые говорят об увеличении расстояния объекта от глаз наблюдателя, и о некотором уменьшении видимых угловых размеров тестовых изображений для наблюдателя при их движении от центра к краям дисплея.

Тип IV (неустойчивое восприятие) включает разные случаи формирования сменяющихся динамических образов, свидетельствующие о том, что мозг не может найти удовлетворительной интерпретации для комбинации сигналов, поступающих из зрительной сенсорной, глазодвигательной и аккомодационной систем, и перебирает разные гипотезы, визуализируя их по очереди. Например, сначала виртуальный стереообъект может выступить из экрана и начать движение в сторону наблюдателя, а затем попятиться назад к экрану и застыть на нём, проявляя по очереди признаки типов I, III и II.

Комбинированный рис. 3 объединяет данные двух наших предыдущих публикаций по частоте встречаемости разных типов СЗВ. Верхняя гистограмма (*а*) отражает результаты первого рекогносцировочного исследования, в котором участвовали всего 35 взрослых разного возраста (от 18 до 79 лет) [6], а две другие гистограммы (*б* и *в*) включают результаты следующего расширенного исследования (100 чел.), позволившего оценить общую воспроизводимость статистических данных и сравнить результаты, полученные для мужчин и женщин [4].

Полученные в рекогносцировочном и расширенном исследованиях гистограммы оказались похожими. Это говорит о том, что они достаточно хорошо отражают реально существующее соотношение людей с разными типами СЗВ.

Поскольку из представленных данных следует, что число людей со стереографическим типом восприятия (тип I), гарантирующим отсутствие дискомфорта при восприятии стереоизображений без предварительного обучения, составляет меньше половины населения (около 30%), возникает естественная задача наладить соответствующее тестирование людей, желающих смотреть стереофильмы или работать с применением стереотехнологий, чтобы исключить неудачи и разочарования, а также создать систему упражнений для тех людей, которые могут изменить свой тип СЗВ благодаря тренировкам.

Если для соответствующего тестирования взять за основу описанную нами методику, необходимо убедиться в валидности выявленной типологии СЗВ с точки зрения прогнозирования зрительного дискомфорта при просмотре стереофильмов и выполнения специфических стереографических работ. А для этого нужно проверить робастность этой типологии, варьируя условия тестирования, чтобы охватить предполагаемый круг стереозадач.

В связи с такими требованиями в настоящем пилотном исследовании мы провели оценку устойчивости типологии на небольшой выборке испытуемых, используя 2 стереографически задаваемых направления движения объектов по глубине (т. е. режимы измерения конвергентных и дивергентных ФР), 2 расстояния наблюдения (50 и 150 см) и 2 метода сепарации левого и правого изображений (поляризационный и цветовой).

Таблица 2

Показательные результаты исследования индивидуальных особенностей СЗВ испытуемых в пилотных экспериментах с варьированием условий тестирования (8 вариантов)

	Условия конвергенции				Условия дивергенции			
РАССТОЯНИЕ НАБЛЮДЕНИЯ, СМ	50	50	150	150	50	50	150	150
СЕПАРАЦИЯ ИСПЫТУЕМЫЕ	П	Ц	П	Ц	П	Ц	П	Ц
1, м, с/о	I	I	I	I	I	I	I	I
2, ж, б/о	I	I	I	I	I	I	I	I
3, ж, с/о	I	I	I	I	I	I	I	I
4, ж, с/о	П	П	П	П	П	П	П	П
5, ж, с/о	П	П	П	П	П	П	П	П
6, ж, б/о	П	П	П	П	П	П	П	П
7, м, б/о	П	П	П	П	П	П	П	П
8, ж, б/о	П	П	I	I	I	I	I	I
9, ж, б/о	П	П	П	П	I	I	П	П → I
10, ж, б/о	П	П	П	I → П	П	П	П	I → П

Обозначения в таблице 2:

П — поляризационный метод сепарации;

Ц — цветовой метод сепарации;

с/о — испытуемый имел опыт работы с программой «Фузия»;

б/о — испытуемый не имел опыта работы с программой «Фузия».

Соответственно, для каждого человека было запланировано по 8 вариантов тестирования ($2 \times 2 \times 2$), а большинство испытуемых участвовали в подобных экспериментах впервые, и им требовались подробные разъяснения, поэтому общее число испытуемых, обследованных по полной программе, пока невелико (20 чел.), и среди них не оказалось типов III и IV, так что о статистике говорить преждевременно. Но общая картина уже вырисовывается, поскольку суммарная встречаемость типов I и II превысила 80%.

Примеры типов СЗВ, зарегистрированных у испытуемых в различных условиях наблюдения, представлены в таблице 2, где приведены оценки типа СЗВ по предложенным ранее критериям. В таблицу 2 включены результаты как опытных испытуемых, так и проходивших тестирование впервые.

Приведённые в таблице 2 примеры показывают, что для большинства испытуемых оценки СЗВ во всех условиях совпадали, причём это было характерно как для опытных испытуемых, так и для тех, которые впервые принимали участие в подобных исследованиях.

В трёх нижних строках показаны исключения из этого правила. У испытуемого № 8 феноменология СЗВ в шести ситуациях соответствовала типу I и только в двух ситуациях — типу II. Обращает на себя внимание, что в этих двух ситуациях расстояние наблюдения было равно 50 см, так что тут не исключено возможное влияние сниженной остроты зрения для близи. В случае других исключений также можно подозревать влияние сниженной остроты зрения. К сожалению, в данной пилотной серии экспериментов проверка качества оптической коррекции не проводилась.

Представленные результаты и аналогичные данные, оставшиеся «за кадром», позволяют сделать предварительный вывод, что предложенная ранее типология испытуемых на основе особенностей СЗВ, в целом, достаточно робастна. При проведении уточняющих серий экспериментов необходимо обеспечить контроль оптической коррекции зрения испытуемых и предусмотреть повторное тестирование в случае неопределённых результатов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведено пилотное исследование валидности выявленного ранее разделения людей на 4 типа на основании особенностей стереоскопического зрительного восприятия при компьютерном измерении конвергентных фузионных резервов с использованием в качестве тестовых стимулов случайно-точечных стереограмм. Согласно этой типологии, число людей со стереографическим типом восприятия (тип I), гарантирующим отсутствие дискомфорта при восприятии стереоизображений без предварительного обучения, составляет меньше половины населения (около 30%). В связи с этим был поставлен вопрос о возможности использования данной типологии для тестирования людей, желающих смотреть стереофильмы или работать с применением стереотехнологий. Для этого было необходимо проверить, насколько предложенное разделение на типы пригодно для разных условий восприятия стереоизображений. Результаты настоящего исследования, в целом, подтверждают

перспективность использования обсуждаемой типологии для проверки особенностей стереоскопического восприятия и прогнозирования дискомфорта и позволяют сформулировать требования к условиям тестирования.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. *Большаков А. С., Васильева Н. Н., Рожкова Г. И.* Обеспечение воспроизводимости и объективного контроля при компьютерном измерении фузионных резервов // *Сенсорные системы*. 2023. Т. 37. № 3. С. 218–234.
2. *Большаков А. С., Рожкова Г. И.* Интерактивная тестовая программа для оценки состояния и тренировки фузионных механизмов бинокулярного зрения — «ФУЗИЯ». Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2013610975. Дата регистрации в Реестре программ для ЭВМ 9 января 2013 г.
3. *Васильева Н. Н., Рожкова Г. И.* Возрастная динамика фузионных резервов, измеренных при помощи циклопических тест-объектов с маркерами // *Сенсорные системы*. 2009. Т. 23. № 1. С. 40–50.
4. *Васильева Н. Н., Рожкова Г. И.* Восприятие виртуальных стереообъектов: особенности взаимодействия зрительных механизмов и пространственные перцептивные эффекты // *Экспериментальная психология*. 2021. Т. 14. № 3. С. 79–90. DOI: 10.17759/expsy.2021140306.
5. *Васильева Н. Н., Рожкова Г. И., Грачева М. А., Большаков А. С.* Зависимость результатов оценки фузионных резервов от метода измерения, инструментария и параметров тестовых стимулов // *Сенсорные системы*. 2022. Т. 36. № 3. С. 199–217.
6. *Васильева Н. Н., Рожкова Г. И., Грачева М. А.* Неоднозначное восприятие величины и позиции виртуальных стереообъектов // *Запись и воспроизведение объёмных изображений в кинематографе и других областях: X Международная научно-практическая конференция, Москва, 16–18 апреля 2018 г.: Материалы и доклады / под общей редакцией О. Н. Раева. Москва : ВГИК, 2019. С. 62–72.*
7. *Рожкова Г. И., Васильева Н. Н.* Компьютерный метод оценки фузионных резервов с объективным контролем нарушения фузии // *Физиология человека*. 2010. № 3. С. 135–137.

8. *Erkelens C. J., Van Der Steen J., Steinman R. M., Collewijn H.* Ocular vergence under natural conditions. I. Continuous changes of target distance along the median plane // *Proc. R. Soc. Lond. B* 1989. Vol. 236. P. 417–440.

9. *Logvinenko A., Epelboim J., Steinman R.* The role of vergence in the perception of distance: a fair test of Bishop Berkley's claim // *Spatial Vision*. 2001. Vol. 15. No 1. P. 77–97.

10. *Vasiljeva N., Rozhkova G.* Age dynamics of fusion capabilities assessed by means of RDS with markers for objective control of binocular image splitting // 31st European Conference on Visual Perception. *Perception*. 2008. Vol. 37. Suppl. P. 102.

Galina I. Rozhkova, Nadezhda N. Vasilyeva, Alexander V. Belokopytov

INDIVIDUAL CHARACTERISTICS OF VIRTUAL STEREO OBJECTS OBSERVED IN DIFFERENT CONDITIONS OF MEASURING FUSION RESERVES

Galina I. Rozhkova, PhD, DSci, Professor

E-mail: gir@iitp.ru

Institute for Information Transmission Problems (Kharkevich Institute),
Russian Academy of Sciences

Nadezhda N. Vasilyeva, D. Sci in Biology, PhD, Assistant professor

E-mail: nn_vasilyeva@mail.ru

Institute for Information Transmission Problems (Kharkevich Institute),
Russian Academy of Sciences

Chuvash Republican Institute of Education, Cheboksary

Alexander V. Belokopytov

E-mail: abelokopytov@gmail.com

Institute for Information Transmission Problems (Kharkevich Institute),
Russian Academy of Sciences

Previously, based on the general appearance, size, and movement of virtual stereo objects perceived in conditions of computer measuring convergent fusion reserves (FR) by means of dynamic random dot stereograms (RDS), four fundamentally different types of stereoscopic visual percepts (SVP) were identified. Of these, only one type of the perceived virtual stereo object behavior (I) exactly corresponded to the stereography of the test images which simulated stereo object movement from the screen to the

observer, while the most common was another type (II), characterized by the “binding” of the stereo image to the display screen. The results of repeated measurements showed that the type of SVP was stable in each subject, and it was suggested that, based on the characteristics of SVP, people could be divided into types I, II, III, and IV. To assess the validity of this typology in terms of predicting discomfort when viewing stereoscopic films, it was necessary to test its robustness by varying the testing conditions. This pilot study provides preliminary data for a small sample of subjects (20 adults) belonging to the two main types (I and II). In conditions of convergent FR measuring, the previously identified characteristic features of perception were, in general, well reproduced despite changing the viewing distance and using different methods of the left and right image separation (based on polarization and color technologies).

Under conditions of divergent FR measuring (simulation of a stereo object movement from the observer), the situation was less clear: some type II subjects showed signs of type I SVP, correlating with the observation distance. It is possible that such cases are explained by learning or insufficient optical correction of vision when determining the type of SVP.

Key words: stereoscopic vision, virtual stereo objects, individual variability, perception of stereo films, visual discomfort.

REFERENCES

1. Bol'shakov A. S., Vasil'eva N. N., Rozhkova G. I. Obespechenie vosproizvodimosti i ob'ektivnogo kontrolya pri komp'yuternom izmerenii fuzionnykh rezervov // *Sensornye sistemy*. 2023. T. 37. No 3. P. 218–234.
2. Bol'shakov A. S., Rozhkova G. I. Interaktivnaya testovaya programma dlya otsenki sostoyaniya i trenirovki fuzionnykh mekhanizmov binokulyarnogo zreniya — “FUZIYa”. Svidetel'stvo o gosudarstvennoi registratsii programmy dlya EVM No 2013610975. Data registratsii v Reestre programm dlya EVM 9 January 2013.
3. Vasil'eva N. N., Rozhkova G. I. Vozrastnaya dinamika fuzionnykh rezervov, izmerennykh pri pomoshchi tsiklopticheskikh test-ob»ektov s markerami // *Sensornye sistemy*. 2009. T. 23. No 1. P. 40–50.
4. Vasil'eva N. N., Rozhkova G. I. Vospriyatie virtual'nykh stereoob»ektov: osobennosti vzaimodeistviya zritel'nykh mekhanizmov i prostranstvennye pertseptivnye efekty // *Ekspperimental'naya psikhologiya*. 2021. T. 14. No 3. P. 79–90. DOI: 10.17759/expsy.2021140306.

5. Vasil'eva N. N., Rozhkova G. I., Gracheva M. A., Bol'shakov A. S. Zavisimost' rezul'tatov otsenki fuzionnykh rezervov ot metoda izmereniya, instrumentariya i parametrov testovykh stimulov // *Sensornye sistemy*. 2022. T. 36. No 3. P. 199–217.
6. Vasil'eva N. N., Rozhkova G. I., Gracheva M. A. Neodnoznachnoe vospriyatie velichiny i pozitsii virtual'nykh stereoob"ektov // *Zapis' i vosproizvedenie ob"emnykh izobrazhenii v kinematografe i drugikh oblastiakh: X Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya, Moscow, 16–18 April 2018: Materialy i doklady / pod obshchei redaktsiei O. N. Raeva. Moscow : VGIK, 2019. P. 62–72.*
7. Rozhkova G. I., Vasil'eva N. N. Komp'yuternyi metod otsenki fuzionnykh rezervov s ob"ektivnym kontrolem narusheniya fuzii // *Fiziologiya cheloveka*. 2010. No 3. P. 135–137.
8. Erkelens C. J., Van Der Steen J., Steinman R. M., Collewijn H. Ocular vergence under natural conditions. I. Continuous changes of target distance along the median plane // *Proc. R. Soc. Lond. B* 1989. Vol. 236. P. 417–440.
9. Logvinenko A., Epelboim J., Steinman R. The role of vergence in the perception of distance: a fair test of Bishop Berkley's claim // *Spatial Vision*. 2001. Vol. 15. No 1. P. 77–97.
10. Vasiljeva N., Rozhkova G. Age dynamics of fusion capabilities assessed by means of RDS with markers for objective control of binocular image splitting // *31st European Conference on Visual Perception. Perception*. 2008. Vol. 37. Suppl. P. 102.

УДК 778.534.1 (038)

ББК 37.95

3-32

Рецензенты:

доктор технических наук, профессор *Тихомирова Г. В.*

доктор технических наук, профессор *Башарин С. А.*

3-32 Запись и воспроизведение объёмных изображений в кинематографе, науке, образовании, медиа и в других областях: XVII Международная научно-практическая конференция, Москва, 7–11 апреля 2025 г.: Материалы и доклады / под общей редакцией О. Н. Раева. — Москва : ИПП «КУНА», 2025. — 400 с.

ISBN 978-5-98547-154-0

В сборник вошли статьи, подготовленные по зачитанным и обсуждённым докладам и выступлениям на XVII Международной научно-практической конференции «Запись и воспроизведение объёмных изображений в кинематографе, науке, образовании, медиа и в других областях», состоявшейся 7–11 апреля 2025 г. в г. Москве, а также материалы VI Международного фестиваля молодёжных экспериментальных фильмов.

Для кинематографистов всех специальностей, студентов вузов, аспирантов, инженеров и других специалистов, в сферу интересов которых входят аудиовизуальные технологии, формирующие, преобразующие и воспроизводящие объёмные изображения.

УДК 778.534.1 (038)

ББК 37.95

ISBN 978-5-98547-154-0

© Коллектив авторов, 2025